

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШИТР

Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Отделение школы (НОЦ) ОАР

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|--|
| Разработка системы управления для станда «Трубопровод» |

УДК 681.51:001.891.54:621.643

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---------|------|
| 8e41 | Грищенко Евгений Вадимович | | |

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------------|---------------------------------|---------|------|
| Руководитель ВКР | Мамонова Татьяна Егоровна | Кандидат технических наук | | |
| Руководитель ООП | Мамонова Татьяна Егоровна | Кандидат технических наук | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------------------|-----------------------------------|---------|------|
| Доцент | Петухов Олег Николаевич | Кандидат экономических наук | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент | Авдеева Ирина Ивановна | | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Руководитель ОАР | Леонов Сергей Владимирович | | | |

Томск – 2018 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

| Код рез-та | Результат обучения (выпускник должен быть готов) | Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон |
|-------------------------|--|--|
| <i>Профессиональные</i> | | |
| P1 | применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления. | Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P2 | воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем. | Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P3 | применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств. | Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P4 | определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем | Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P5 | планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы. | Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |

| | | |
|----------------------|---|---|
| P6 | понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах. | Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI |
| <i>Универсальные</i> | | |
| P7 | эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды | Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P8 | владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий | Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P9 | проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду | Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i> |
| P10 | следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности | Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P11 | понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности. | Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> . |

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки (специальность) 15.03.06 Мехатроника и робототехника
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись)

(Дата)

Мамонова Т.Е.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|----------------------------|
| 8E41 | Грищенко Евгений Вадимович |

Тема работы:

| | |
|---|--|
| Разработка системы управления для стенда «Трубопровод» | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | |

| | |
|--|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | |
|--|--|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---------------------------------|---|
| Исходные данные к работе | Предметом является проектирование системы управления силовой части стенда «Трубопровод» для выполнения исследований метода утечки |
|---------------------------------|---|

| | |
|---|---|
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов | 1. Провести обзор литературы 2. Создать модель стенда «трубопровод» 3. Программно реализовать алгоритм управления и разработать SCADA систему |
| Перечень графического материала | Блок схема алгоритма программы |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы | |
| Раздел | Консультант |
| Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение | Петухов Олег Николаевич, доцент ОСГН, к.э.н. |
| Социальная ответственность | Авдеева Ирина Ивановна, ассистент ОКД |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| Нет | |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Мамонова Татьяна Егоровна | Кандидат технических наук | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---------|------|
| 8E41 | Грищенко Евгений Вадимович | | |

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки (специальность) 15.03.06 Мехатроника и робототехника
Уровень образования бакалавр
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники
Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 01.06.2018 | Основная часть | 60 |
| 24.05.2018 | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 20 |
| 16.05.2018 | Социальная ответственность | 20 |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| доцент ОАР | Мамонова Татьяна Егоровна | к.т.н. | | |

СОГЛАСОВАНО:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| доцент ОАР | Мамонова Татьяна Егоровна | к.т.н. | | |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|----------------------------|
| 8Е41 | Грищенко Евгений Вадимович |

| Школа | ИШИТР | Отделение | ОАР |
|---------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.06 Мехатроника и робототехника |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|--|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Объектом работы является создание системы автоматического управления стендом «трубопровод». Стенд состоит из датчиков давления, насосов, поворотных затворов. Рабочим местом является аудитория 1196 10-го корпуса ТПУ. В аудитории рабочей зоной является место за персональным компьютером. Основным оборудованием, на котором производится работа, является ПК. |
|--|--|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|----------------------------------|--|
| 1. Производственная безопасность | <p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Шум – Освещение – Микроклимат – Психофизиологические факторы <p>Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Механическая опасность (источником является насос) – Электробезопасность (источником является ПК, двигатель постоянного тока, контроллер) |
|----------------------------------|--|

| | |
|---|--|
| 2. Экологическая безопасность: | <p>Воздействие объекта на атмосферу, гидросферу не происходит.</p> <p>Анализ воздействия на литосферу (отходы при утилизации контроллера, бытовые офисные отходы, люминесцентные лампы.)</p> |
| 3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | <p>Чрезвычайная ситуация, которая могла бы возникнуть – это появление пожара на рабочем месте.</p> |
| 4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: | <p>Требования и мероприятия к организации рабочего места.</p> <p>СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».</p> |
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
| 01.03.2018 | |

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|------------------------|------------------------|---------|------------|
| ассистент | Авдеева Ирина Ивановна | | | 01.03.2018 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---------|------------|
| 8Е41 | Грищенко Евгений Вадимович | | 01.03.2018 |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| Группа | ФИО |
|---------------|----------------------------|
| 8е41 | Грищенко Евгений Вадимович |

| Школа | ИШИТР | Отделение школы (НОЦ) | ОАР |
|----------------------------|--------------|----------------------------------|--|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.06. Мехатронника и робототехника |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|---|---|
| <i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | Оклад студента – 2410 руб. в месяц; Оклад руководителя проекта – 18503 руб. в месяц. |
| <i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | - Тариф на электроэнергию – 5,26 руб./кВт·ч.; |
| <i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> | На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, вводится пониженная ставка – 27,1%. |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|---|
| <i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> | - Методы коммерциализации результатов инженерных решений; - Морфологический анализ проекта. |
| <i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i> | - Определение трудоемкости выполнения работ; - Расчет материальных затрат НИИ; - Основная и дополнительная зарплата исполнителей темы; - Отчисления во внебюджетные фонды; |

| | |
|--|--|
| | - Накладные расходы; -Проведение анализа безубыточности проекта |
| 3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i> | |
| Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): | |
| 1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>Альтернативы проведения НИ</i> 4. <i>График проведения и бюджет НИ</i> 5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i> | |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------------------|-----------------------------|---------|------|
| Доцент | Петухов Олег Николаевич | Кандидат экономических наук | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---------|------|
| 8с41 | Грищенко Евгений Вадимович | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 70 страниц, 16 рисунков, 15 источников.

Данная квалификационная работа посвящена теме проектирование системы управления силовой части стенда «трубопровод». Разработана удобная в пользовании SCADA система. Так же разработана программная часть для управления контроллером. В программной части учтены аварийные случаи и возможности некорректного управления диспетчера системой SCADA.

Ключевые слова: SCADA, контроллер, САУ, моделирование, регулирование, ПЛК, утечки.

Объектом исследования является проектирование системы управления.

Цель работы – проектирование системы управления силовой части стенда «трубопровод» для выполнения исследования метода утечек.

В процессе исследований проводилось изучение пакета Simscape Fluid в Matlab Simulink.

Значимость работы заключается в проектировании системы управления силовой части стенда «трубопровод» для выполнения исследования метода утечек. Существуют множество способов методов обнаружения утечек, но для проверки самого метода требуется создание стенда, в качестве имитации трубопровода. Данный стенд позволит не только исследовать метод утечки, но и послужит лабораторным стендом для студентов.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

САУ - система автоматического управления

SCADA - система (Supervisory Control And Data Acquisition) — программно-аппаратный комплекс сбора данных и диспетчерского контроля, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления.

ПЛК – промышленный логический контроллер.

Контроллер - устройство управления.

ООС – отрицательная обратная связь.

Оглавление

| | |
|---|----|
| РЕФЕРАТ | 6 |
| ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ..... | 12 |
| ВВЕДЕНИЕ | 15 |
| ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ | 16 |
| 1 ОПИСАНИЕ СТЕНДА | 17 |
| 2 МОДЕЛИРОВАНИЕ..... | 18 |
| 2.1 Расчет труб..... | 18 |
| 2.2 Моделирование насоса | 20 |
| 2.3 Модель стенда «трубопровод» | 22 |
| 3 ВЫБОР ПРИНЦИПА РЕГУЛИРОВАНИЯ И ОБОРУДОВАНИЯ | 23 |
| 3.1 Выбор принципа регулирования | 23 |
| 3.2 Выбор контроллера и частотного преобразователя | 26 |
| 3.2.1 Выбор контроллера..... | 26 |
| 3.2.2 Выбор частотного преобразователя..... | 30 |
| 4 МОДЕЛИРОВАНИЕ С УЧЕТОМ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ..... | 31 |
| 4.1 Моделирование системы управления | 31 |
| 4.2 Вывод..... | 35 |
| 5 РАЗРАБОТКА SCADA СИСТЕМЫ И ПРОГРАММЫ | 36 |
| 5.1 SCADA | 37 |
| 5.2 Ошибки, алгоритмы остановки и аварийных ситуаций..... | 38 |
| 5.2.1 Ошибки | 38 |
| 5.2.2 Алгоритмы остановки | 39 |
| 6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ..... | 40 |
| 6 Производственная безопасность | 41 |
| 6.1 Анализ вредных факторов..... | 41 |
| 6.1.1 Шум | 41 |
| 6.1.2 Освещение | 43 |
| 6.1.3 Психофизические факторы | 44 |
| 6.1.4 Микроклимат..... | 46 |

| | |
|--|-----------|
| 6.2 Анализ опасных факторов..... | 47 |
| 6.2.1 Механическая опасность..... | 47 |
| 6.3 Экологическая безопасность..... | 48 |
| 6.3.1 Анализ воздействия на литосферу | 48 |
| 6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 49 |
| 6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 51 |
| 6.6 Вывод..... | 53 |
| 7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ..... | 54 |
| 7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 54 |
| 7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования | 54 |
| 7.1.2 Технология QuaD | 55 |
| 7.1.3 SWOT – анализ..... | 56 |
| 7.1.4 Морфологический анализ | 57 |
| 7.2 Планирование научно-исследовательских работ | 58 |
| 7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования..... | 58 |
| 7.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ..... | 59 |
| 7.2.3 Разработка графика проведения научного исследования..... | 64 |
| 7.3 Бюджет научно-технического исследования | 65 |
| 7.3.1 Расчет материальных затрат | 65 |
| 7.3.2 Основная заработная плата исполнителям темы..... | 66 |
| 7.3.3 Дополнительная заработная плата | 67 |
| 7.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды..... | 68 |
| 7.3.5 Накладные расходы | 69 |
| 7.3.6 Контрагентные расходы | 69 |
| 7.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта . | 70 |
| 7.3.8 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности ресурсов | 70 |
| Список литературы | 71 |

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация производства на основе микроэлектронной техники для развития и совершенствования, существующих и создающихся технологических производств, является одним из важных направлений модернизации производства. Особенностью современного этапа развития автоматизации производства является появление и массовое применение качественно новых технических средств, изготовление сетей на базе микроэлектроники. Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) приобретает особое значение в связи с ростом требований к скорости вычисления, переработки и выдачи информации. Поэтому разработка и исследование структур и режимов функционирования АСУ ТП на основе микроЭВМ является актуальной задачей. Использование микроЭВМ позволяет на порядок снизить затраты в связи с простоями технологического оборудования, обеспечивает повышение эффективности.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1 ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Стенд включает в себя:

- Дисковый поворотный затвор с четвертьоборотным электроприводом DN.RU-003 (2шт.)
- Вертикальный многоступенчатый насос ENSI 32 GDLF4-20 (2шт.)
- Манометр дифференциальный показывающий МДП4-СМ-Т (2шт.)

Характеристики стенда:

- Объем емкостей с рабочей жидкостью – 0,5 м³
- Расстояние между емкостями – 2,75 м
- Высота емкостей – 1 м

Подробные габариты стенда приведены в приложении №А.

2 МОДЕЛИРОВАНИЕ

2.1 Расчет труб

В качестве среды моделирования выбран Simulink пакет Simscape Fluid.

Для моделирования труб нужны следующие характеристики:

- Внутренний диаметр труб.
- Длина трубы.
- Совокупная эквивалентная длина локальных сопротивлений.
- Шероховатость поверхности.

Рассчитаем первый участок трубы диаметром 0.035 м и длиной 0.3 м.

Значение совокупных эквивалентных длин локальных сопротивлений является значением потери напора по длине трубопровода. Для его расчета используется формула Дарси-Вейсбаха.

$$\Delta h = \lambda * \frac{l * V^2}{d * 2 * g}$$

Где,

λ - коэффициента гидравлического трения;

l - длина трубопровода м;

V - средняя скорость потока м/с.

Рассчитаем среднюю скорость потока

$$V = \frac{Q}{A}$$
$$V = \frac{0.0011}{\frac{\pi * 0.035^2}{4}} = 1.143 \text{ м/с}$$

Где,

Q - расход жидкости через трубопровод м³/с;

A - площадь сечения м².

Для расчета λ (коэффициента гидравлического трения) нужно рассчитать число Рейнольдса.

$$Re = \frac{V * 4 * R_{\Gamma}}{\nu} = 4.001 * 10^4$$

Где,

R_{Γ} - гидравлический радиус м;

ν - кинематический коэффициент вязкости м²/с.

$Re > 4000$, следовательно, поток турбулентный. Рассчитаем коэф. гидравлического трения по формуле Альтшуля.

$$\lambda = 0.11 \left(k + 68 \frac{68}{Re} \right)^{0.25} = 0.029$$

Где,

$$k = \Delta/d;$$

Δ -абсолютная эквивалентная шероховатость мм.

Потери напора по длине трубопровода равны

$$\Delta h = \lambda * \frac{l * V^2}{d * 2 * g} = 0.082 \text{ м}$$

Расчеты для остальных участков труб проведены аналогично.

2.2 Моделирование насоса

В стенде используются вертикальные многоступенчатые центробежные насосы марки 32GDLF-20. С характеристиками, представленными в таблице 2

Таблица 2. Технические характеристики насоса 32GDLF-20.

| Мощность, кВт | Номинальная подача, м ³ /ч | Номинальный напор, м | Максимальная производительность, м ³ /ч | Максимальный напор, м | Напряжение, В | Число оборотов, об/мин |
|---------------|---------------------------------------|----------------------|--|-----------------------|---------------|------------------------|
| 0,37 | 4 | 16 | 8 | 22 | 220 | 2900 |

Для моделирования центробежного насоса в Simscape Fluid нужно знать P-Q и N-Q кривые, указываемые в паспорте изделия.

P-Q – Зависимость разности давления от подачи насоса.

N-Q – Зависимость мощности P_2 (мощность на валу насоса) от подачи насоса.

Данные, требуемые для моделирования не представлены в документации т.к. использующийся в стенде насосы являются копиями насосов, выпускаемых компанией Grundfos.

Для моделирования возьмём самый близкий по известным характеристикам насос.

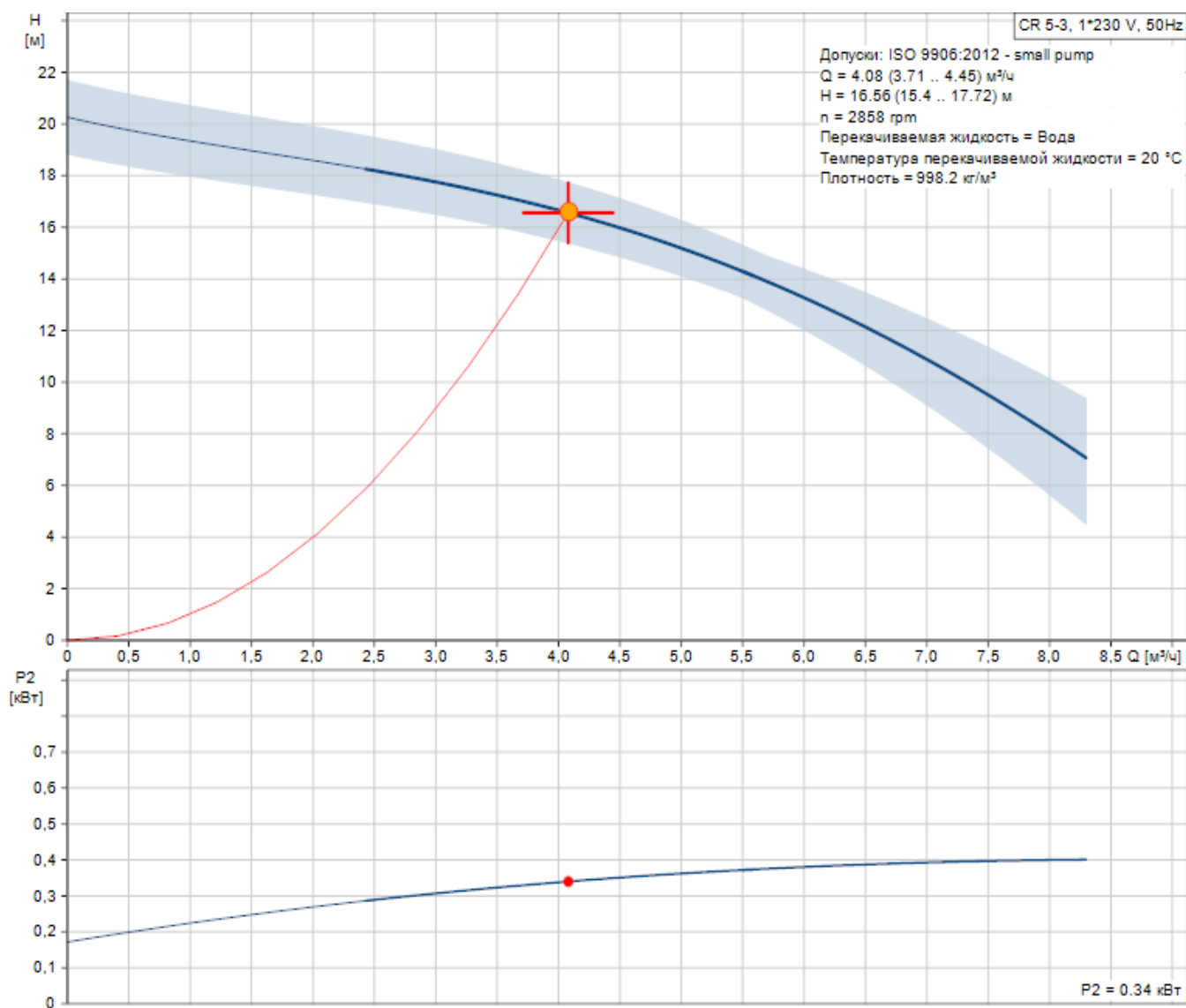


Рисунок 1. P-Q и N-Q кривые выбранного для моделирования насоса.

2.3 Модель станда «трубопровод»

Трубу, на которую не установлены датчики вносить в модель не имеет смысла она предназначена для возврата воды в первый бак т.е. возобновление цикла.

Структурная схема получившейся модели представлена на рисунке №2.

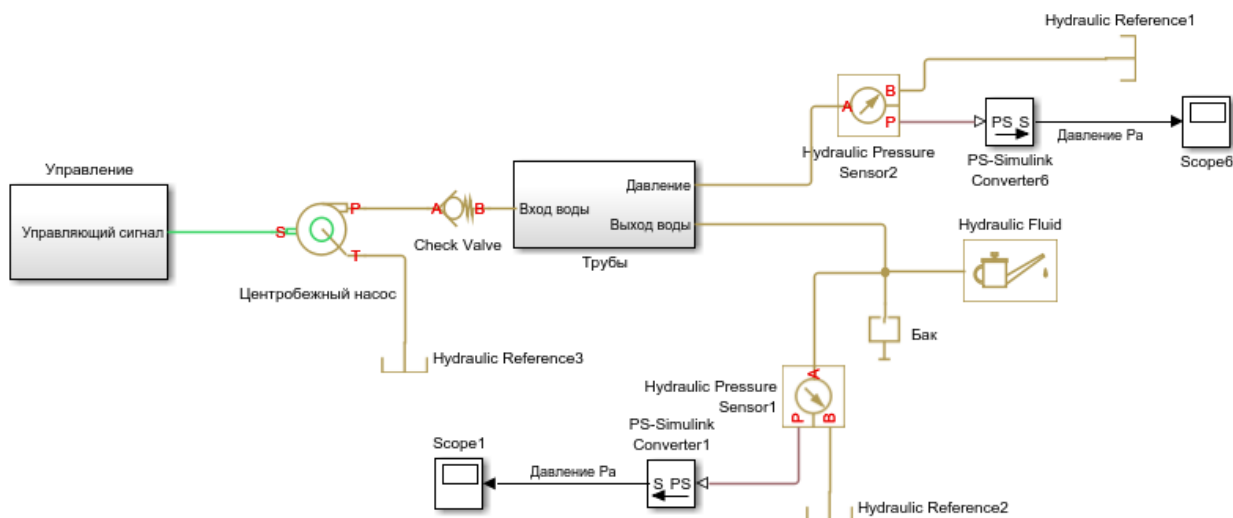


Рисунок 2. Структурная схема.

В модели также учтены различные линейные сопротивления (например, резкое увеличение диаметра трубы). Схема трубопровода представлена на рисунке №3.

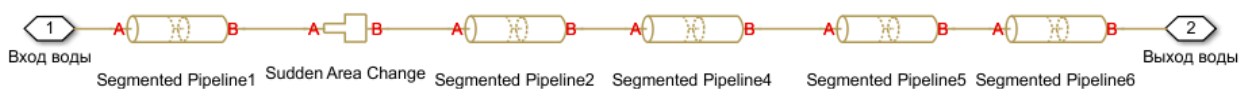


Рисунок 3. Схема трубопровода.

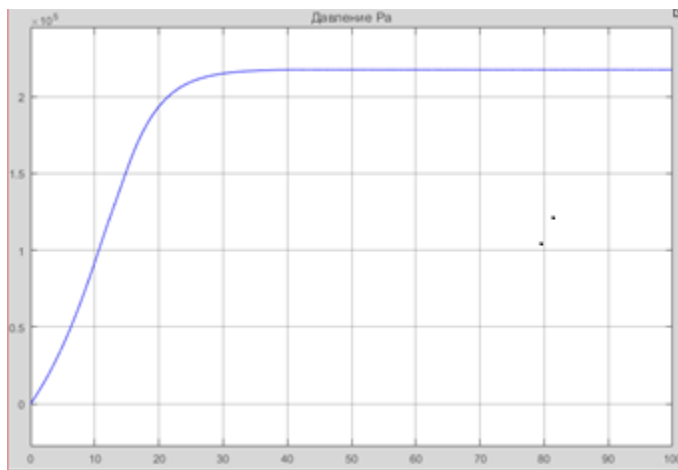


Рисунок 4. График изменения давления на конце трубы.

Давление в системе возрастает максимально до 217 кПа, что соответствует допустимому рабочему давлению.

3 ВЫБОР ПРИНЦИПА РЕГУЛИРОВАНИЯ И ОБОРУДОВАНИЯ

3.1 Выбор принципа регулирования

По принципу управления можно выделить три группы САУ (система автоматического регулирования):

- Регулирование по внешнему воздействию – принцип Понселе (применяется в незамкнутых САУ).
- Регулирование по отклонению – принцип Ползунова-Уатта (применяется в замкнутых САУ).
- Комбинированное регулирование. САУ содержит замкнутый и разомкнутый контуры регулирования.

Регулирование по внешнему воздействию

В структуре системы необходимы датчики возмущения. САУ описывается передаточной функцией разомкнутой системы.

Достоинства:

- Можно добиться полной независимости к определенным возмущениям.
- Не возникает проблема устойчивости системы, т.к. нет ОС.

Недостатки:

- Каждое возмущение требует своего компенсационного канала
- При изменении параметров регулируемого объекта возникают ошибки в управлении.
- Применимо только к объектам с четко известными характеристиками.

Регулирование по отклонению

Система описывается передаточной функцией разомкнутой системы и уравнением замыкания: $x(t)=g(t)-y(t)W_{oc}(p)$. Алгоритм работы системы заключен в стремлении свести ошибку $x(t)$ к нулю.

Достоинства:

- Наличие в системе ООС уменьшает ошибку вне зависимости от факторов её вызвавших.

Недостатки:

- При наличии в системе ОС возникает проблема устойчивости.
- Невозможно добиться инвариантности к возмущениям. Увеличение количества ОС позволяет добиться частичной инвариантности к возмущениям, но приводит к усложнению системы и ухудшению устойчивости.

Комбинированное управление

Комбинированное управление заключено в сочетании двух принципов управления по отклонению и внешнему возмущению. Т.е. сигнал управления на объект формируется двумя каналами. Первый канал чувствителен к отклонению регулируемой величины от задания. Второй формирует управляющее воздействие непосредственно из задающего или возмущающего сигнала.

Достоинства:

- Наличие ООС делает систему менее чувствительной к изменению параметров регулируемого объекта.
- Добавление канала(ов), чувствительного к заданию или к возмущению, не влияет на устойчивость контура ОС.

Недостатки:

- Каналы, чувствительные к заданию или к возмущению, обычно содержат дифференцирующие звенья. Их практическая реализация затруднена.
- Не все объекты допускают форсирование.

Из представленных принципов регулирования наиболее подходящим будет управление по отклонению т.к. для реализации двух других принципов нужны дополнительные датчики для компенсации возмущающих воздействий.

3.2 Выбор контроллера и частотного преобразователя

Для автоматизации данного стенда требуется контроллер для реализации алгоритмов управления и частотный преобразователь для регулирования скорости вращения насоса.

3.2.1 Выбор контроллера

Для автоматизации данного стенда подойдет контроллер типа «Arduino» т.к. всего пять управляемых элементов системы, однако данный стенд в дальнейшем планируется использоваться как учебный для студентов автоматизации. На предприятиях для автоматизации различных процессов (конвейеров, охранных систем, насосных станций и т.д.) используют ПЛК (промышленный логический контроллер). Следовательно, для обучения студентов целесообразно выбрать ПЛК.

Последовательность при выборе ПЛК [1]:

1. Выбор производителя.
2. Выбор среды разработки программы.
3. Выбор группы ПЛК.
4. Определение необходимых характеристик ПЛК.
5. Выбор языка программирования для ПЛК.

Выбор производителя: компания **Siemens** является лидером и занимает 28.8% мирового рынка ПЛК [1].

Выбор среды разработки программы: контроллеры **siemens** имеют собственную интегрированную среду программирования **TIA Portal**.

Выбор группы ПЛК: главное отличие контроллеров разное количество точек ввода/вывода. На котроллер будет поступать один аналоговый сигнал (датчик), вывод двух аналоговых сигналов (управление затворами) и RS-485 для управления двигателями. Подойдут **малые ПЛК**.

Определение необходимых характеристик ПЛК: **поддержка SCADA систем.**

Выбор языка программирования для ПЛК: выбирается исходя из общих рекомендаций к языкам или возможностям программиста. **SCL**

Рекомендации: **IL** (текстовый ассемблероподобный язык) не рекомендуется использовать ввиду низкой наглядности, и сложности наладки и модернизации программы; **FBD** (графический язык логических элементов) – рекомендуется использовать в небольших задачах. При увеличении программы наглядность падает; **LD** (графический язык релейно-контактных схем) – рекомендуется для написания логического управления (вкл/выкл) любой сложности, обладает высокой наглядностью; **ST** (текстовый паскалеподобный язык) – рекомендуется использовать для математических расчетов; **SFC** (графический высокоуровневый язык) – предназначен для структурирования сложных программ управления, при этом отдельные блоки пишутся на языке более низкого уровня.

Исходя из выбранных условий для данного стенда подойдут контроллеры Siemens серии S-300 или S-1200.

ПЛК серии S-300 разделяются:

- **SIMATIC S7-300** — модульный ПЛК предназначенный для решения различных задач автоматизации.
- **SIMATIC S7-300C** — контроллеры на базе S7-300 имеющие готовые решения для некоторых типовых задач автоматизации. Совместимы с модулями расширения S7-300.
- **SIMATIC S7-300T** — предназначены для решения задач перемещения.
- **SIMATIC S7-300F** — ПЛК предназначенный для построения распределённых систем автоматики повышенной безопасности.

- SIPLUS S7-300 — ПЛК предназначенный для эксплуатации в тяжёлых условиях например: низкие или высокие температуры (-25 ... +60 °С), высокая стойкость к вибрациям и ударным нагрузкам, работа в средах, содержащих агрессивные примеси и газы.

Сравнение характеристик контроллеров SIMATIC S7-300 и S-1200 «С» серии. (в контроллерах «С» серии имеются стандартные модули ввода/вывода)

| Название | Дискретные входы | Дискретные выходы | Аналоговые входы | Аналоговые выходы | Цена, руб. |
|----------------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------|
| Simatic s7-300, cpu 312c | 10 | 6 | 0 | 0 | 41 037.35 |
| Simatic s7-300, cpu 313c | 24 | 16 | 4 | 2 | 84 466.21 |
| Simatic s7-1200, cpu 1211c | 6 | 4 | 2 | 0 | 15 642.24 |
| Simatic s7-1200, cpu 1212c | 8 | 6 | 2 | 0 | 21 043.17 |
| Simatic s7-1200, cpu 1215c | 14 | 10 | 2 | 2 | 47 938.21 |

Для управления задвижками требуется 2 аналоговых выхода. Исходя из данной таблицы выгоднее будет использовать контроллер с CPU 1211C с модулем дополнительных аналоговых выводов, но у данного контроллера нету данной возможности. Исходя из этого был выбран контроллер на базе CPU 1212C т.к. имеет возможность подключения дополнительных аналоговых модулей. Был выбран модуль 6ES7232-4HB32-0XB0. Стоимость контроллера вместе с модулем составляет 41 037.35, что дешевле контроллера Simatic s7-1200, cpu 1215c со встроенным аналоговым выводом.

Для подключения к частотному преобразователю к контроллеру подключается дополнительный модуль для работы с RS – 485 протоколом. Для выбранного контроллера модуль 6ES7241-1CH30-1XB0.

3.2.2 Выбор частотного преобразователя.

Частотные преобразователи выбираются под характеристики насоса. Следует учитывать номинальную мощность (0,37 кВт), потребляемый ток (2,4 А), напряжение питания (220 В). Подходящие частотные преобразователи представлены в таблице №1.

Таблица №1.

| Название | Мощность, кВт | Номинальный ток, А | Напряжение, В | Интерфейс | Цена, руб. |
|--|---------------|--------------------|-------------------------|---|------------|
| LS SV004iG5A-1 | 0,4 | 2,5 | 200 - 230 (-15%±10%) | RS 485, протокол коммуникации LS Bus/Modbus RTU | 13220 |
| Siemens G110 6SL3211-0AB13- 7UA1 | 0,37 | 6,2 | 200 - 240 | RS-485 | - |
| Siemens 6SE6420-2AB13- 7AA1 | 0,37 | 2,3 | 220 | RS-485 | 14863 |
| Schneider Electric ALTIVAR 12 | 0,55 | 3,5 | 220 | RS-485 | 8113 |

Из представленных частотных усилителей был выбран Schneider Electric ALTIVAR 12 т.к. больше подходит под наши задачи.

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ С УЧЕТОМ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

4.1 Моделирование системы управления

Общая схема управления по отклонению представлена на рисунке №5.

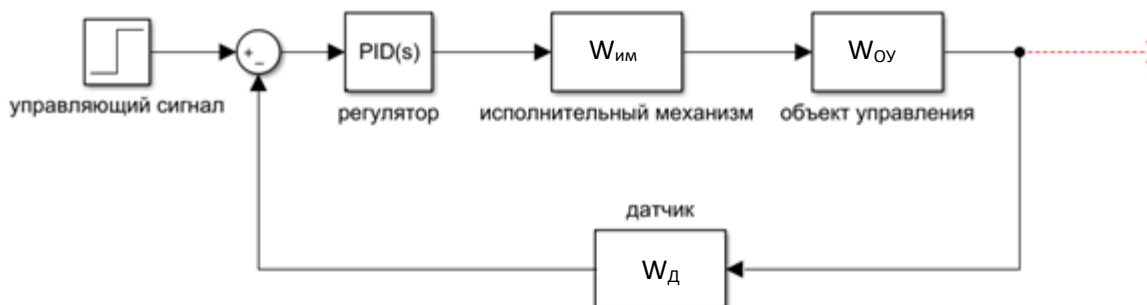


Рисунок 5. САУ по отклонению.

Рассчитаем приблизительные датчика и частотного преобразователя для внесения в модель.

Передаточная функция частотного преобразователя:

$$W(s) = \frac{k}{T_{\text{ПЧ}} * s + 1}$$

Где,

$$k = \frac{f}{i} = \frac{50}{0.02} = 2500$$

$$T_{\text{ПЧ}} = T_{\Phi} + \frac{1}{2 * m * f} = \frac{2500}{0.014 * s + 1}$$

m - число фаз.

f – частота сети

i – сигнал 20 мА

Передаточная функция датчика:

Для расчета передаточной функции датчика необходимо знать внутренние характеристики (например, материал мембраны). Упрощенно

можно представить как асинхронное звено первого порядка с постоянной времени примерно $1 \cdot 10^{-7}$.

$$W(s) = \frac{9.217 \cdot 10^{-9}}{10^{-7} \cdot s + 1}$$

На рисунке №6 представлена схема модели.

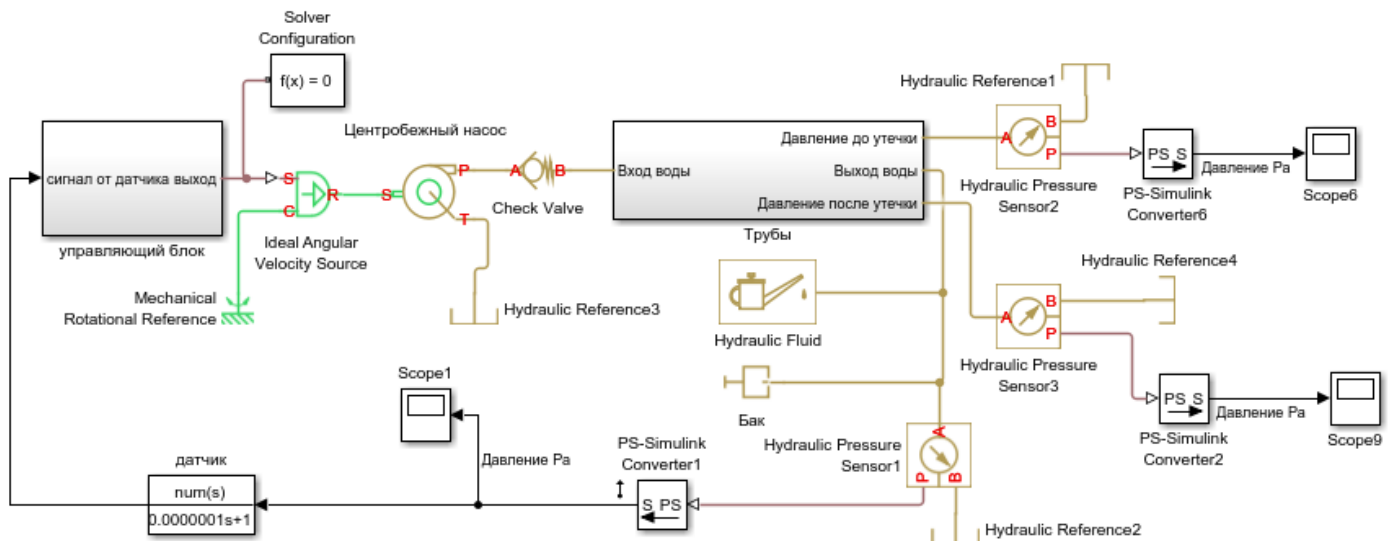


Рисунок 6. Схема модели с САР.

В модели реализована имитация утечек воды в блоке «трубы».

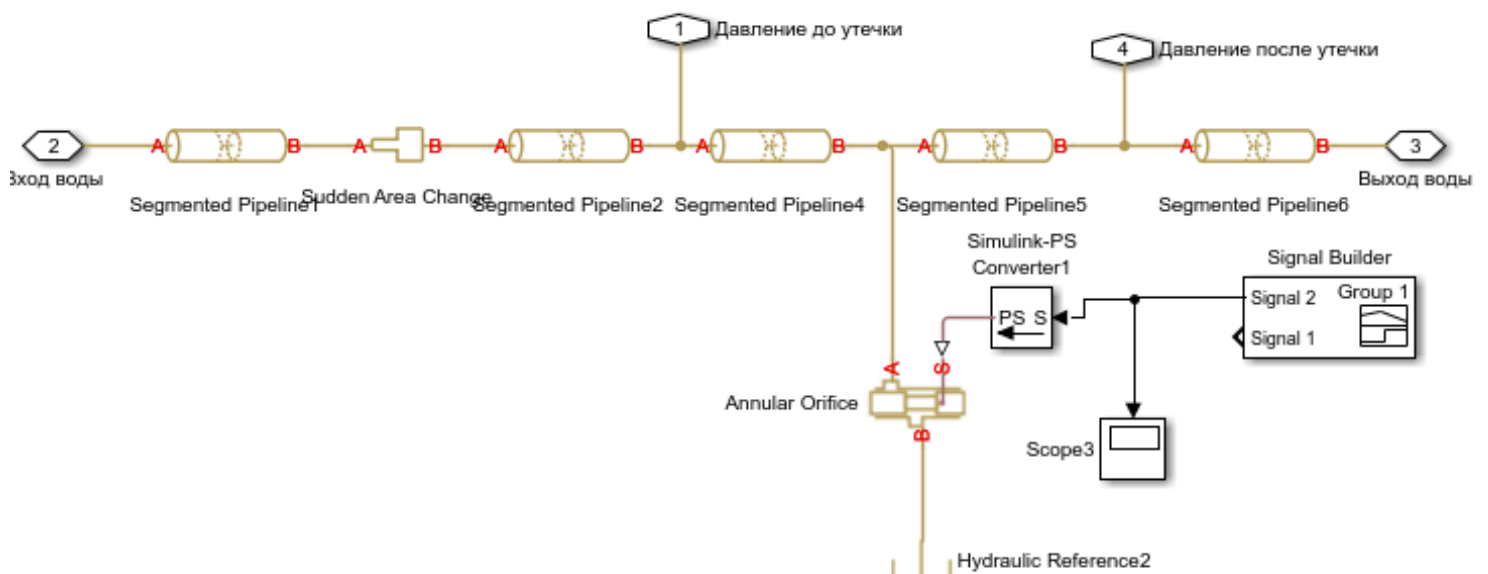


Рисунок 7. Схема трубопровода с утечками.

На рисунке №8 представлена схема управляющего блока.

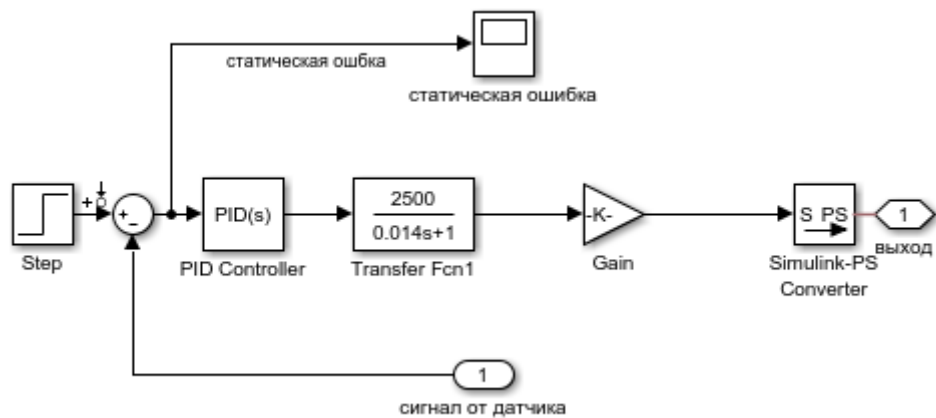


Рисунок 8. Схема управляющего блока.

ПИД регулятор настроен экспериментально с характеристиками:

$$P=11$$

$$I=0.1$$

На рисунке №9 представлен график изменения статической ошибки во времени.

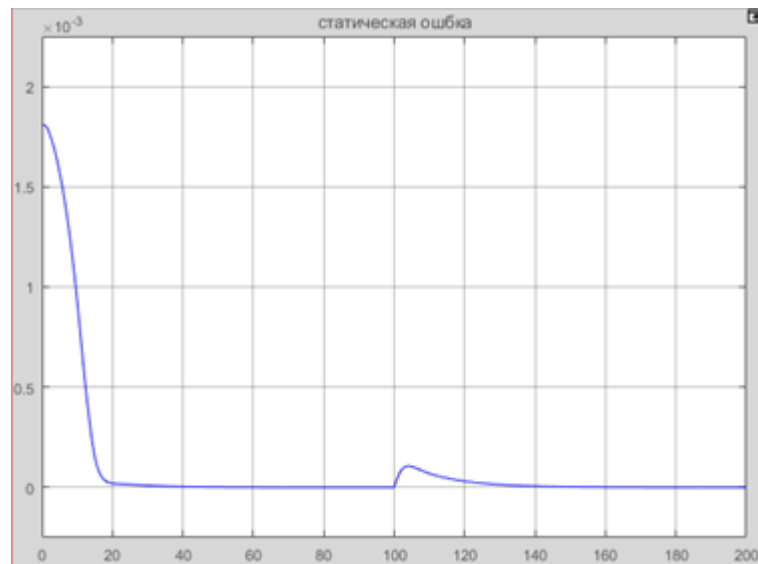


Рисунок 9. График изменения статической ошибки.

На 100 секунде моделирования происходит открытие клапана (моделирование утечек).

На рисунке №10 представлен график изменения давления во времени.

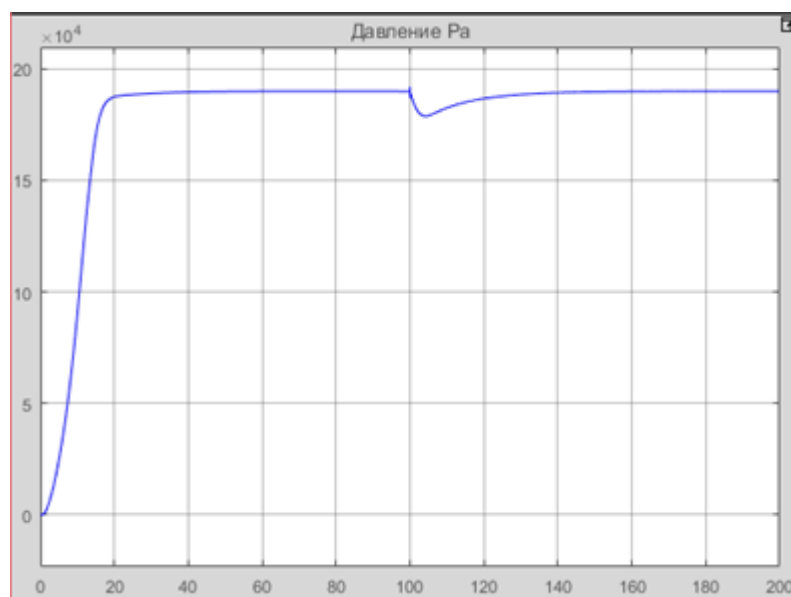


Рисунок 10. График изменения давления.

Из рисунка №10 можно сделать вывод, что система работает корректно т.к. при падении давления в трубе (утечки) система поддерживает заданное значение давления.

На рисунке №11 представлен график изменения давления во времени без САР.

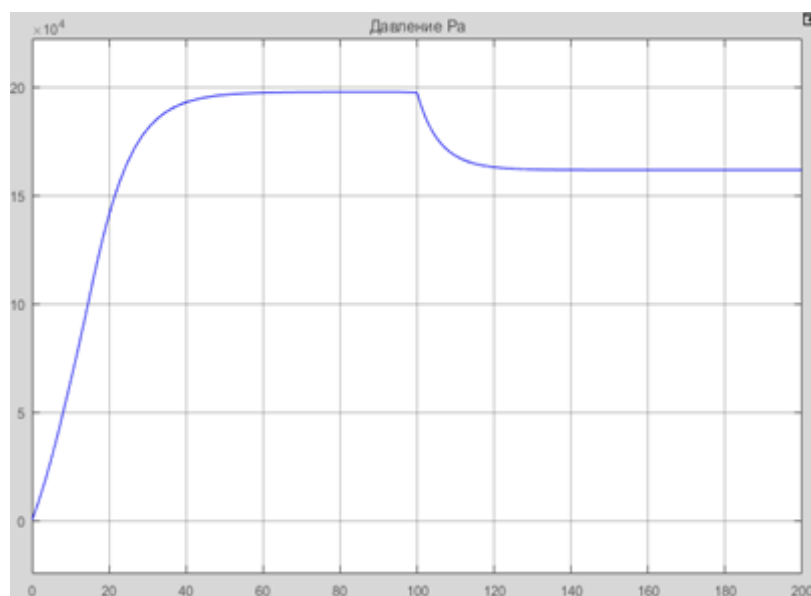


Рисунок 11. График изменения давления без САР.

4.2 Вывод

Было произведено моделирование стенда в пакете Simscape Fluid. В конечной модели учтена система управления и имитация утечек трубопровода. Выбрано необходимое оборудование для системы управления (контроллер и частотный преобразователь).

5 РАЗРАБОТКА SCADA СИСТЕМЫ И ПРОГРАММЫ ДЛЯ КОНТРОЛЛЕРА

Программирование контроллера выполнена в программном пакете Simatic Step7, SCADA выполнена в программном пакете Simatic WinCC, входящие в интегрированную среду разработки программного обеспечения систем автоматизации технологических процессов TIA Portal. Для проверки логических ошибок и отладки программного кода использовался программный пакет TIA Portal Simatic PLCSIM, симулирующий работу программируемого логического контроллера.

В TIA Portal присутствуют следующие языки программирования: LAD (LD), FBD, STL (IL), SCL(ST), GRAPH (SFC). LD, FBD, SFC, ST входят в раздел международного стандарта IEC 61131-3, описывающий языки программирования для программируемых логических контроллеров.

Программирование контроллера в данной работе выполнено на языке SCL.

5.1 SCADA

SCADA-система (Supervisory Control And Data Acquisition) — программно-аппаратный комплекс сбора данных и диспетчерского контроля, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления.

Задачи решаемые SCADA-системами:

- Обмен данными в реальном времени через драйверы с «устройствами связи с объектом».
- Логическое управление.
- Обработка и отображение информации на экране монитора в понятной и эргономичной форме в реальном времени.
- Управление сообщениями о сбоях(тревожными) и аварийная сигнализация.
- Работа с базами данных реального времени с технологической информацией.
- Связь с внешними приложениями (электронные таблицы, СУБД и т.д.)

Разработанный аппаратный комплекс сбора данных и диспетчерского контроля имеет два режима работы (приложение №В):

1. Поддержание давления.
2. Ручной режим.

В режиме поддержания давления система стремится к поддержанию установленного оператором давления в диапазоне от 10 КПа до 150 КПа.

В ручном режиме имеется возможность управлять каждым двигателем и заглушками по отдельности.

5.2 Ошибки, алгоритмы остановки и аварийных ситуаций

5.2.1 Ошибки

При нажатии кнопки «Запуск» предварительно не выбрав режим работы появляется сообщение.



Ошибка: Выберите режим работы

Рисунок 12. Ошибка выбора работы системы.

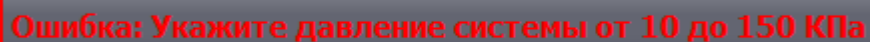
При выборе одновременно двух режимов работы появляется сообщение.



Ошибка: Некорректный выбор работы системы

Рисунок 13. Ошибка выбора работы системы.

При установке давления вне диапазона от 10 КПа до 150 КПа появляется сообщение.



Ошибка: Укажите давление системы от 10 до 150 КПа

Рисунок 14. Ошибка неверный выбор давления в системе.

В ручном режиме есть возможность управлять отдельными составляющими системы. При попытке запустить насос с закрытой задвижкой программа выводит сообщение соответственно включаемому насосу.



Ошибка: Откройте задвижку №1

Рисунок 15. Ошибка работы с двигателем.

5.2.2 Алгоритмы остановки

При остановке процесса в работе требуется корректное завершение и подготовка системы к следующему запуску.

Алгоритм остановки в режиме поддержания давления.

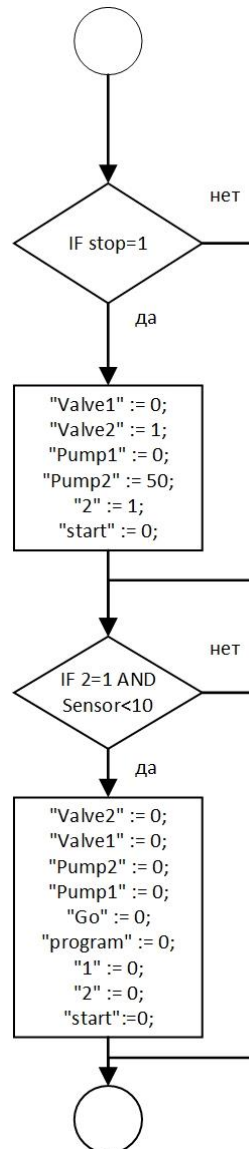


Рисунок 16. Блок схема остановки в режиме поддержания давления.

При нажатии кнопки «остановить» открывается правый затвор и запускается правый двигатель тем же временем выключается левый двигатель левый затвор закрывается.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В данном разделе дипломной работы подняты вопросы, касающиеся социальной ответственности при разработке и эксплуатации обучающего стенда «трубопровод».

Объектом работы является создание системы автоматического управления стендом «трубопровод». Стенд состоит из датчиков давления, насосов, поворотных затворов. Рабочим местом является аудитория 119б 10-го корпуса ТПУ. В аудитории рабочей зоной является место за персональным компьютером. Основным оборудованием, на котором производится работа, является ПК.

При работе с данным оборудованием не исключаются вредные факторы. К вредным производственным факторам относят: производственный шум, освещение и нервно-психические перегрузки. К опасным факторам относят: пожаробезопасность, электробезопасность установки. Кроме этого, раздел будет содержать требования и мероприятия к организации рабочего места.

6.1 Производственная безопасность

6.1.1 Анализ вредных факторов

6.1.1.1 Шум

Производственным шумом называют совокупность различных шумов, возникающих во время производства и неблагоприятно воздействующих на организм рабочего. Шум является одним из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды, воздействие которого на работающих сопровождается развитием у них преждевременного утомления, снижения производительности труда, ростом общей и профессиональной заболеваемости, а также травматизма

Источниками шума являются насосы и, поворотные затворы с электроприводом. ГОСТ 12.1.003-2014 регламентирует максимальный уровень звукового давления при работе, устанавливая допустимые уровни шума на рабочих местах, машин, механизмов, средств транспорта и другого оборудования. Работы, выполняемые специалистом, оцениваются как научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование. Допустимые уровни звукового давления в помещениях для персонала, занятого этой деятельностью, приведены в СН 2.2.4/2.1.8.562–96, следовательно, эквивалентный уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 75 дБА. Значения ПДУ звукового давления согласно этим документам представлены в таблице 1.

Таблица 1. Предельные допустимые уровни звукового давления

| Вид трудовой деятельности, рабочее место | Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА |
|---|--|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин | 91 | 83 | 77 | 73 | 70 | 68 | 66 | 64 | 75 |

Используемые в стенде насосы не превышают номинальную мощность 1,0 кВт. ГОСТ 16921-83 регламентирует уровень шума для двигателей класса 1 (двигатели постоянного и переменного тока общепромышленного производства) номинальной мощностью до 1,1 кВт и скоростью вращения от 1320 об/мин до 1900 об/мин не выше 71 дБА, что соответствует нормам. В случае необходимости понижения уровня шума следует воспользоваться средствами индивидуальной защиты (противошумными шлемофонами, наушниками, вкладышами), снизить шум в источнике (улучшение конструкции) и

использовать средства коллективной защиты (изменение направленности излучения шума, рациональную планировку, применение звукоизоляции).

6.1.1.2 Освещение

Естественное и искусственное освещение рабочего места оказывает влияние на физическое состояние и на работу сотрудника. Не надлежащее качество освещения ведет к ухудшению зрения работника.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, на поверхности рабочего стола освещенность пользователя ПЭВМ должна быть 300 – 500 лк. При освещении блики должны отсутствовать на поверхности экрана. Поверхность экрана должна быть до 300 лк.

Существуют общие требования и рекомендации к организации освещения на рабочем месте:

- Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения.
- Рабочие места следует размещать таким образом, чтобы естественный свет падал преимущественно слева, а дисплеи монитора были ориентированы боковой стороной к световым проемам.

Соблюдение данных мер позволит сохранить зрение работника и избежать пагубного воздействия на глаза.

Для соответствия общим требованиям и рекомендациям к организации освещения на рабочем месте необходимо реорганизовать рабочее место (повернуть на 180 °)

6.1.1.3 Психофизические факторы

Работа инженера-разработчика является умственным трудом, иногда монотонным, при котором приходится почти все время сидеть в одной и той же позе, печатая и обрабатывая большие объемы информации. Всё это может привести к умственному перенапряжению, зрительному утомлению, головной боли и боли в мышцах и суставах, снижению концентрации и работоспособности. Постоянные недомогания могут перерасти в профессиональные заболевания, которые могут касаться анализаторов, в том числе и зрительных, мышц спины и шеи, позвоночника, мышц, суставов и сухожилий кисти и других. Длительная концентрация на изображении дисплея, приводит к неподвижности глаз, редкому морганию, которые в свою очередь приводят к зрительному переутомлению: сухости и жжению в глазах, боли при движении глаз, размытости видимого изображения. Постоянное печатание приводит к болям кисти, сгибание шеи – к остеохондрозу, неправильная осанка или неудобно посадочное место к сколиозу.

Для того чтобы избежать перегрузок осуществляется ряд мер по защите от психофизиологических факторов. Соблюдение мер по защите от опасных и вредных физических и химических факторов, обеспечивает не только безопасные, но и комфортные и благоприятные условия труда. В зависимости от уровня нагрузки установлена продолжительность рабочего дня, а также длительность перерывов. При 8-часовом рабочем дне при работе, которая проводится сидя и не требует физического напряжения, каждые 50 минут работы делаются перерывы на 10-15 минут и проводится разминку для тела и упражнения для глаз. Так как все меры по защите от опасных и вредных факторов соблюдены, можно сказать, что рабочее место соответствует требованиям.

Нервно-психические нагрузки, называемые еще напряженностью труда, являются факторами трудового процесса и входят составной частью вместе с физическими перегрузками (тяжесть труда) в понятие психофизиологических вредных производственных факторов. Они характеризуются как фактор

трудового или нетрудового процесса, который отражает нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу человека. В связи с этим напряженность функций организма возникает под влиянием интеллектуальной, сенсорной (на органы чувств), эмоциональной нагрузок, монотонности нагрузок, нерационального режима работы. Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки - указывает, в какой мере работник может влиять на результат собственного труда при различных уровнях сложности осуществляемой деятельности. С возрастанием сложности повышается степень ответственности, поскольку ошибочные действия приводят к дополнительным усилиям со стороны работника или всего коллектива, что соответственно приводит к увеличению эмоционального напряжения. Для уменьшения влияния психофизических факторов необходимо ограничить информацию, поступающую к работнику. Это достигается путем рациональной эргономической конструкции пультов и щитов управления, упорядочения качества информации, идущей из внешней среды, надежной изоляцией работника от внешних опасностей. Так же целесообразна организация специальных комнат для психологической разгрузки прямо на производстве. Их размещают на расстоянии не более 75-100 м от рабочих мест. Условия комфорта — нормальный микроклимат, отсутствие в воздухе пыли, химических веществ, шума, вибрации и других вредных производственных факторов — неременное условие для этих комнат. Такие помещения должны включать гардероб, зал с сидениями самолетного типа, туалетную комнату.

Стены, потолок и пол должны быть окрашены в спокойные тона. Продолжительность сеанса психологической разгрузки — 15-20 минут, для его проведения используют специально подобранную музыку, световые эффекты.

6.1.1.4 Микроклимат

Микроклимат производственных помещений — это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей (ГОСТ 12.1.005 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны"). Требования этого государственного стандарта установлены для рабочих зон — пространств высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного и временного пребывания работающих. Постоянным считают рабочее место, на котором человек находится более 50 % рабочего времени (или более 2 ч непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

ГОСТ 12.1.005 установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия.

При длительном и систематическом пребывании человека в оптимальных микроклиматических условиях сохраняется нормальное функциональное и тепловое состояние организма без напряжения механизмов терморегуляции. При этом ощущается тепловой комфорт (состояние удовлетворения внешней средой), обеспечивается высокий уровень работоспособности. Исходя из Таблицы 1 разработку системы управления можно отнести к Легкой Ia, так как нет значительные физических напряжений. Следовательно, необходимо обеспечить показатели микроклимата, приведенные в Таблице 2 в 119б аудитории.

Оптимальные климатические показатели приведены в Таблице 2.

Таблица 2.

| Период года | Температура воздуха, °С | | Относительная влажность воздуха, % | | Скорость движения воздуха, м/с | |
|-------------|-------------------------|------------|------------------------------------|------------|--------------------------------|--------------|
| | Оптимальная | Допустимая | Оптимальная | Допустимая | Оптимальная | Допустимая |
| Холодный | 22-24 | 18-25 | 40-60 | 15-75 | 0.1 | Не более 0.1 |
| Теплый | 23-25 | 20-28 | 40-60 | 40-60 | 0.1 | 0.1-0.2 |

Для обеспечения нужных показателей микроклимата проведен ряд мероприятий:

- рациональная организация системы отопления и вентиляции (воздушный душ, кондиционирование воздуха);
- рационализация режима труда и отдыха (введение регламентированных перерывов, оборудование комнаты отдыха);

6.1.2 Анализ опасных факторов

6.1.2.1 Механическая опасность

Механические опасности – опасности, способные причинить травму в результате контакта объекта или его частей с человеком. Такой контакт возможен при выполнении технологических операций или случайном нахождении человека в опасной зоне (пространство, в котором возможно проявление опасностей). Размеры опасной зоны могут быть постоянными (зона между вальцами, ремнем и шкивом) и переменными (зона резания при изменении режима и характера обработки).

К механическим опасностям относят:

- движущиеся машины, механизмы и их части, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;
- острые кромки, заусенцы, шероховатость поверхности;
- разрушающиеся конструкции, обрушающиеся горные породы;
- расположение рабочего места на значительной высоте;
- повышенная запыленность воздуха;
- горячие и скользкие поверхности.

В зависимости от возможности защиты человека в условиях взаимодействия его с потенциально опасными объектами можно рассматривать два основных метода:

- 1) обеспечение недоступности к опасно действующим частям машин и оборудования;

2) применение приспособлений, непосредственно защищающих человека от опасного производственного фактора.

Во время эксплуатации двигатель недоступен для пользователя. Поэтому этот опасный фактор исключен. Средства индивидуальной защиты:

1. Перчатки
2. Защитная одежда

Средства коллективной защиты:

1. Обеспечение недоступности опасной зоны
2. Оградительные устройства, например защитные кожухи (стационарные, съемные, переносные, частичные, могут быть сплошными и сетчатыми)

6.1.3 Экологическая безопасность

6.1.3.1 Анализ воздействия на литосферу

В лаборатории не ведется никакого производства. К отходам, производимым в помещении можно отнести, в первую очередь, это бумажные отходы – макулатура, пластиковые отходы, неисправные детали персональных компьютеров и других видов ЭВМ. Бумажные отходы рекомендуется накапливать и передавать их в пункты приема макулатуры для дальнейшей переработки. Пластиковые бутылки складывать в специально предназначенные контейнеры. Неисправные комплектующие персональных компьютеров и других ЭВМ, а также люминесцентные лампы сдавать компаниям, занимающимся переработкой отходов.

Мероприятия по защите окружающей среды:

- В офисной среде необходимо использовать системы электронного документооборота. Это поможет избежать излишнего потребления бумаги, чернил и, соответственно, их утилизации.
- Вышедшие из строя детали компьютеров и других технических приборов следует отправлять на утилизацию в специальные фирмы, имеющих лицензию.

- Необходимо выключать приборы и установки после работы с ними, чтобы уменьшить потребление электроэнергии, а также исключить влияние вредных и опасных факторов, связанных с прибором (установкой).

6.1.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одной из самой опасной чрезвычайной ситуации техногенного характера, которая может возникнуть при разработке системы управления является пожар.

К обеспечениям условий труда работников, необходимо:

1. утвердить службу. помогающую организовать работу по обеспечению пожарной безопасности на производстве;
2. провести подробный инструктаж для сотрудников. чтобы они усвоили правила пожарной безопасности;
3. соблюдать правила пожарной безопасности;
4. разделить обязанности между работниками и руководителем;
5. обеспечить помещения предприятия средствами тушения возгораний. а также системами предупреждения пожара.

К мероприятиям по пожарной безопасности относятся:

1. все противопожарные системы и установки с автоматическим управлением (противопожарные сигнализации, механические двери, системы подачи воды и т.д.) необходимо содержать в исправности, регулярно проводить проверки, ремонт и замену по необходимости;
2. специальные наружные пожарные лестницы и защитные ограждения на крыше должны проверяться специалистами как минимум два раза в год
3. в каждом помещении должны на видных местах располагаться информационные таблички с указанным на них номером службы спасения;
4. после каждой рабочей смены помещения и оборудование необходимо осматривать, проверять, убирать и чистить. Необходимо отключать от электросети аппараты (исключение составляют те, которые должны работать по назначению круглые сутки);

5. следить за правильностью применения и выбора кабелей, проводов, двигателей, светильников и другого электрооборудования в зависимости от класса взрывоопасных помещений и условий среды.

Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации. План эвакуации представляет собой заранее разработанный план (схему), в которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации по п. 3.14 ГОСТ Р 12.2.143-2002. Согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации ППБ 01-2003 (п. 16) в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара. План эвакуации людей при пожаре из аудитории №119б 10-го корпуса НИ ТПУ, представлен на рисунке 1.

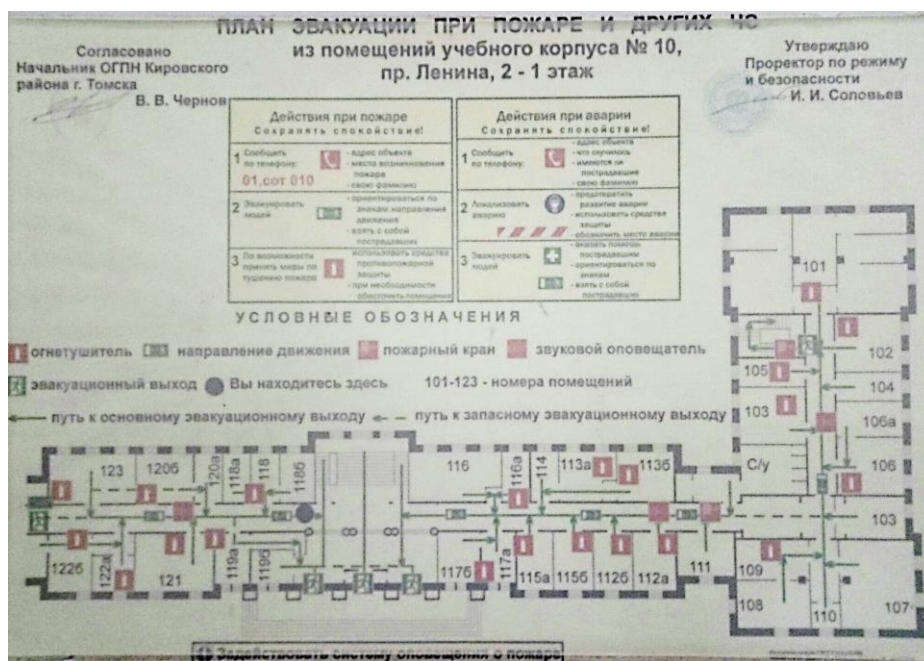


Рисунок 1 – План пожарной эвакуации

При возникновении ЧС необходимо немедленно сообщить об этом по телефону «01» в пожарную охрану (при этом необходимо назвать адрес, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию и должность); дать

сигнал тревоги добровольной пожарной дружине, сообщить руководителю (научному руководителю, начальнику лаборатории или его заместителю о пожаре); принять меры по организации эвакуации людей (эвакуацию начинать из помещения, где возник пожар, а также из помещений, которым угрожает опасность распространения огня и дыма; одновременно с эвакуацией людей, приступить к тушению пожара своими силами и имеющимися средствами пожаротушения (огнетушители, вода, песок и т.п.). Ответственность за нарушение Правил пожарной безопасности, согласно действующему федеральному законодательству, несет руководитель объекта.

Согласно СП 12.13130.2009 уровень пожароопасности помещения Д-Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

6.1.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Рабочее место должно быть организовано с учетом ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ “Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования”.

При проектировании оборудования следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование обслуживают женщины и мужчины - общие средние показатели женщин и мужчин.

Конструкция регулируемого кресла оператора должна соответствовать требованиям ГОСТ 21889-76.

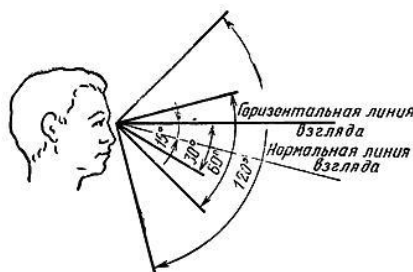


Рисунок 2 – Область зрения

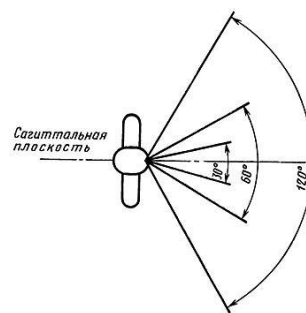


Рисунок 3 – Сагиттальная плоскость

6.1.6 Вывод

Проанализировав все пункты социальной, производственной и экологической безопасности, можно прийти к выводу, что разработка системы управления не отвечает некоторым требованиям производственной безопасности, а именно: освещение, механическая опасность. Во избежание травм во время проектирования и производства необходимо использовать СИЗ, а также принять ряд мероприятий для уменьшения или нейтрализации опасных факторов. С точки зрения экологической безопасности, данная разработка не несет вреда для атмосферы и гидросферы. При неправильной утилизации компонентов системы возможен вред для литосферы. Для предотвращения ЧС необходимо придерживаться стандартных требований к пожарной безопасности, а также знать план эвакуации. Мероприятия по организации рабочего места заключается в правильном расположении средств отображения информации и подбор места с учетом антропометрических показателей разработчика.

7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Целью экономического раздела является проведение детального анализа проекта по критериям конкурентоспособности и ресурсоэффективности, оценка перспективности проекта, определение трудоемкости и графика работ, а также расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности.

7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для того, чтобы определить потенциальных потребителей, необходимо определить целевой рынок и провести его сегментирование. Целевым рынком является рынок военной робототехники. В качестве конечных потребителей выступают военные части.

7.1.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) — это инструмент измерения характеристик, который описывает качество новой разработки, а также ее перспективность на рынке. Технология позволяет принимать решение о целесообразности вложения капитала в НИР и может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенным образом снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов. Оценочная карта представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | Максимальный балл | Относительное значение (3/4) | Средневзвешенное значение (5x2) |
|--|--------------|-------|-------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Показатели оценки качества разработки | | | | | |
| 1. Энергоэффективность | 0,05 | 80 | 100 | 0,80 | 0,04 |
| 2. Помехоустойчивость | 0,04 | 60 | 100 | 0,60 | 0,024 |
| 3. Надежность | 0,07 | 80 | 100 | 0,80 | 0,056 |
| 4. Мобильность | 0,16 | 70 | 100 | 0,70 | 0,16 |
| 5. Персонализация | 0,06 | 100 | 100 | 1,00 | 0,06 |
| 6. Безопасность | 0,16 | 70 | 100 | 0,70 | 0,16 |
| 7. Функциональная мощность | 0,09 | 80 | 100 | 0,80 | 0,072 |
| 8. Простота эксплуатации | 0,09 | 100 | 100 | 1,00 | 0,09 |
| 9. Качество интеллектуального интерфейса | 0,08 | 40 | 100 | 0,40 | 0,034 |
| 10. Ремонтопригодность | 0,08 | 50 | 100 | 0,50 | 0,044 |
| Показатели оценки коммерческого потенциала разработки | | | | | |
| 11. Перспективность рынка | 0,05 | 100 | 100 | 1,00 | 0,05 |
| 12. Цена | 0,07 | 100 | 100 | 1,00 | 0,07 |
| Итого | 1 | | | 9,9 | 0,823 |

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum P_i \cdot 100 = 0,823 \cdot 100 = 82,3, \text{ где:}$$

1) P_{cp} – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки;

2) P – средневзвешенное значение показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая. Из таблицы можно сделать вывод, что разработку можно считать перспективной.

7.1.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Такой анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Составленная матрица SWOT представлена в таблице 3.

Таблица 3 - SWOT-анализ

| | | |
|--|--|--|
| | Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Невысокая стоимость. С2. Надежность. С3. Экономичность. | Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Недостаток конструкторского опыта разработки мобильных роботов. Сл2. Отсутствие финансирования. Сл3. Отсутствие репутации на рынке. |
| Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. | При использовании инфраструктуры ТПУ можно снизить стоимость проекта. | Появление дополнительного спроса на рынке может способствовать финансированию проекта. Проводя исследования на базе ТПУ можно |

| | | |
|--|--|--|
| | | разработать прототип и получить известность на рынке. |
| Угрозы: У1. Отсутствие спроса на более производительный алгоритм следования У2. Низкая скорость изготовления. У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства. | Невысокая цена и хорошая функциональность способствуют повышению спроса. Требования государства могут быть перекрыты заданными ограничениям по надежности. | Необходимо разработать прототип для того, чтобы выйти на рынок и заполучить репутацию. |

7.1.4 Морфологический анализ

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, которые вытекают из закономерностей объекта исследования. Анализ охватывает все возможные варианты. Путем комбинирования вариантов можно получить большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес. Составим таблицу 4, в которой будут отражены возможные варианты исполнения по различным проблемам разработки.

Таблица 4 - Морфологическая матрица для алгоритма компьютерного зрения

| Характеристика | Варианты исполнения | | |
|------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Scada система | ClearSCADA | Simatic WinCC | Intouch Wonderware |
| Контроллер | Magelis SCU | Siemens S7-300 | S. CPU0808 |
| Среда разработки | SoMachine | TIA Portal | CICON |

Для автоматизации стенда «трубопровод» выбрана среда разработки TIA portal т.к. поддерживает стандартизированные языки программирования LAD, FBD, STL, SCL, SFC, что лучше подходит в образовательных целях. Контроллер и Scada система выбраны из расчета удобства и интегрированности работы с TIA Portal.

7.2 Планирование научно-исследовательских работ

7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для организации НИР применяются различные методы экономического планирования с целью более эффективного использования времени и рабочей силы, а также снижения трудозатрат. Планирование НИР заключается в:

1. составлении перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи;
2. определении участников;
3. установлении продолжительности в рабочих днях;
4. построения линейного графика и его оптимизации.

Примерный порядок этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5. В таблице и далее используются следующие сокращения:

1. НР – научный руководитель;
2. С – студент.

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы | № этапа | Содержание работ | Исполнитель |
|--------------------------------|---------|---|-------------|
| Разработка задания | 1 | Постановка задачи | НР |
| Выбор направления исследования | 2 | Обзор научно-технической базы | НР, С |
| | 3 | Разработка и утверждение ТЗ | НР, С |
| | 4 | Составление календаря проекта | С |
| | 5 | Разработка вариантов исполнения проекта | НР, С |
| Теоретические исследования | 6 | Создание математической модели | С |
| | 7 | Проектирование архитектуры программы | С |
| | 8 | Программирование и отладка алгоритма | С |
| Экспериментальные исследования | 9 | Тестирование работы системы | С |
| | 10 | Обработка полученных результатов | НР, С |

| | | | |
|--------------------------|----|-----------------------------------|---|
| Оформление отчета по НИР | 11 | Составление пояснительной записки | С |
| | 12 | Оформление графического материала | С |

На первом этапе происходит постановка цели и задачи исследования – проектирование системы управления силовой части стенда «Трубопровод» . Тематика выбирается научным руководителем и обсуждается со студентом.

На втором этапе студент производит поиск научной литературы по предоставленной тематике для ознакомления и изучения необходимого материала. В дальнейшем данный материал будет использоваться для проведения исследований и проектирования системы.

На третьем этапе студент совместно с научным руководителем разрабатывают общее содержание ВКР. Данный документ является основополагающим при проведении дальнейшего исследования и разработки.

На четвертом этапе составляется календарный план выполнения работ с учётом линейного графика обучения.

На пятом этапе осуществляется разработка архитектуры программного продукта. Для этого составляются требования к функционалу программы. Далее выбирается парадигма программирования.

На шестом этапе студентом пишется код для программы на выбранном языке программирования. Затем на этапе тестирования происходит оценка работы алгоритма: быстродействие, точность, робастность.

На восьмом, девятом и десятом этапе студент, под руководством научного руководителя занимается интерпретацией и обработкой результатов, а также оформлением пояснительной записки и графического материала (графические материалы результатов исследования, презентация проекта).

7.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Наиболее ответственной частью экономических расчетов по теме является расчет трудоемкости работ, так как трудовые затраты составляют основную часть стоимости НИР. Под трудоемкостью работ понимают максимально допустимые затраты труда в человеко-днях на выполнение НИР с

учетом организационно технических мероприятий, обеспечивающих наиболее рациональное использование выделенных ресурсов.

Так как отсутствует нормативная база по проводимым работам, а также достоверная информация о процессе выполнения подобных работ иными исполнителями, воспользуемся экспертным способом оценки продолжительности выполнения запланированных работ.

Определим ожидаемое время проведения работ, длительность этапов в рабочих и календарных днях, по формулам, воспользовавшись формулой:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \text{ где:}$$

- 1) $t_{ож}$ – ожидаемое время выполнения i -го этапа работ;
- 2) t_{\min} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств);
- 3) t_{\max} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств).

Ожидаемое, минимальное и максимальное время исполнения в предложенной выше формуле, оцениваются в рабочих днях на человека. Произведем перевод этих величин в календарные дни, воспользовавшись следующей формулой:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_K, \text{ где:}$$

- 1) $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;
- 2) T_K – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях. Рассчитывается по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КЛ}}{T_{КЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \text{ где:}$$

1) T_{KL} – календарные дни ($T_{KL} = 365$);

2) $T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

3) $T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

В свою очередь рабочие дни рассчитываются по следующей формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \text{ где:}$$

1) $K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1 - 1.2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Для простоты расчетов примем $K_{Д}$ и $K_{ВН}$, равными единице. Тогда формула для расчета календарных дней преобразуется в следующую:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К} = t_{ож} \cdot T_{К} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}$$

Воспользовавшись данными из таблицы 4, приведенными выше формулами, произведем расчет продолжительности выполнения работ студентом в календарных днях. Результаты расчетов представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Временные показатели проведения научного исследования

| Название работы | Трудоемкость работ, чел-дни | | | | | | Длительность работ в рабочих днях $T_{РД}$ | | Длительност ь работ в календарны х днях $T_{КД}$ | |
|--|-----------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|----------|-------------------------|---|---------|--|---|
| | t_{\min} | | t_{\max} | | $t_{ож}$ | | | | | |
| | Студент | Научный руководитель | Студент | Научный руководитель | Студент | Научный руководитель | Одновременн ое выполнение работ | | Одновремен ное выполнение работ | |
| Студент | | | | | | | Научный руководит ель | Студент | Научный руководит ель | |
| Постановка задачи | 5 | 3 | 8 | 6 | 6,2 | 4,2 | 3,1 | 2,1 | 5 | 1 |
| Обзор научно- технической базы | 7 | 2 | 10 | 4 | 12 | 2,8 | 4,5 | 1,4 | 5 | 3 |
| Разработка и утверждение ТЗ | 7 | 1 | 12 | 2 | 9 | 1,2 | 4,5 | 0,7 | 7 | 2 |
| Составление календаря проекта | 3 | 0 | 5 | 0 | 3,8 | 0 | 3,8 | 0 | 6 | 0 |
| Разработка вариантов исполнения проекта | 9 | 2 | 16 | 7 | 11, 8 | 3,2 | 5,9 | 2,6 | 8 | 4 |
| Разработка алгоритма работы | 3 | 0 | 8 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 8 | 0 |
| Проектировани е архитектуры программы | 7 | 0 | 14 | 0 | 9,8 | 0 | 9,8 | 0 | 15 | 0 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----|---|----|---|------|-----|-----|-----|-----|----|
| Программирование и отладка алгоритма | 7 | 0 | 10 | 0 | 8,2 | 0 | 8,2 | 0 | 13 | 0 |
| Тестирование работы алгоритма | 3 | 0 | 7 | 0 | 4,6 | 0 | 4,6 | 0 | 7 | 0 |
| Обработка полученных результатов | 6 | 4 | 14 | 8 | 9,2 | 5,6 | 4,6 | 2,8 | 7 | 5 |
| Составление пояснительной записки | 5 | 0 | 10 | 0 | 7 | 0 | 7 | 0 | 11 | 0 |
| Оформление графического материала | 10 | 5 | 14 | 8 | 11,6 | 6,2 | 5,8 | 3,1 | 9 | 5 |
| Итого | | | | | | | | | 114 | 34 |

7.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

По данным из таблицы 6 создадим диаграмму Ганта.

Таблица 7 - Календарный план-график проведения НИОКР

| № | Этап | Исполнитель | T_{KD} | Продолжительность выполнения работ | | | | | | | | | | | |
|----|---|-------------|----------|------------------------------------|---|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|--|
| | | | | Февраль | | | Март | | | Апрель | | | Май | | |
| 1 | Постановка задачи | НР | 1 | ■ | | | | | | | | | | | |
| | | С | 5 | ■ | | | | | | | | | | | |
| 2 | Обзор научно-технической базы | НР | 3 | | ■ | | | | | | | | | | |
| | | С | 7 | | ■ | | | | | | | | | | |
| 3 | Разработка и утверждение ТЗ | НР | 2 | | | ■ | | | | | | | | | |
| | | С | 7 | | | ■ | | | | | | | | | |
| 4 | Составление календаря проекта | С | 6 | | | | ■ | | | | | | | | |
| 5 | Разработка вариантов исполнения проекта | НР | 4 | | | | | ■ | | | | | | | |
| | | С | 8 | | | | | ■ | | | | | | | |
| 6 | Разработка алгоритма работы | С | 8 | | | | | ■ | | | | | | | |
| 7 | Проектирование архитектуры программы | С | 15 | | | | | | ■ | | | | | | |
| 8 | Программирование и отладка алгоритма | С | 13 | | | | | | | ■ | | | | | |
| 9 | Тестирование работы алгоритма | С | 7 | | | | | | | | ■ | | | | |
| 10 | Обработка полученных результатов | НР | 5 | | | | | | | | | ■ | | | |
| | | С | 7 | | | | | | | | | ■ | | | |
| 11 | Составление пояснительной записки | С | 11 | | | | | | | | | | ■ | | |
| 12 | Оформление графического материала | НР | 5 | | | | | | | | | | | ■ | |
| | | С | 9 | | | | | | | | | | | ■ | |

7.3 Бюджет научно-технического исследования

Бюджет научно-технического исследования должен быть основан на достоверном отображении всех видов расходов, связанных выполнением проекта. В процессе формирования бюджета разработки используется следующая группировка затрат по статьям:

1. материальные затраты разработки;
2. основная заработная плата исполнителей темы;
3. дополнительная заработная плата исполнителей темы;
4. отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
5. затраты на научные и производственные командировки;
6. накладные расходы.

7.3.1 Расчет материальных затрат

Для вычисления материальных затрат воспользуемся следующей формулой:

$$Z_M = (1 + k_t) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх.}, \text{ где:}$$

- 1) m – количество видов материальных ресурсов;
- 2) C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;
- 3) $N_{расх.}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;
- 4) k_t – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 8 - Материальные затраты

| Наименование | Единица измерения | Количество | Цена, руб. |
|---------------------------|-------------------|------------|------------|
| ПК | шт. | 1 | 25000 |
| Лист А4 | шт. | 100 | 200 |
| Ручка | шт. | 3 | 90 |
| Контроллер | шт. | 1 | 10000 |
| Частотный преобразователь | шт. | 1 | 7 450 |
| Итого, руб. | 42740 | | |

7.3.2 Основная заработная плата исполнителям темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату. Она рассчитывается по формуле

$$З_{ЗП} = З_{осн.} + З_{доп.}, \text{ где:}$$

- 1) $З_{осн.}$ – основная заработная плата;
- 2) $З_{доп.}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн.}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн.} = \frac{З_M \cdot M}{F_D}, \text{ где:}$$

- 1) $З_M$ – месячный должностной оклад работника, руб.;
- 2) M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;
- 3) F_D – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 9 - Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени | Руководитель | Студент |
|--|--------------|---------|
| Календарное число дней | 365 | 365 |
| Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни | 120 | 120 |
| Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни | 48 | 72 |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 197 | 173 |

Месячный оклад работника рассчитывается по формуле:

$$З_M = З_{ТС} \cdot (1 + k_{np} + k_o) \cdot k_p, \text{ где:}$$

- 1) $З_{ТС}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;
- 2) k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{ТС}$);
- 3) k_o – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $З_{ТС}$);
- 4) k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 10.

Таблица 10 - Расчет основной заработной платы

| Исполнители | Разряд | $З_{ТС}$, руб. | k_{np} | k_o | k_p | $З_M$, руб. | $З_{осн.}$, руб. | T_P , раб. дн. | $З_{осн.}$, руб. |
|------------------|--------|--------------------|----------|-------|-------|-----------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Руководитель | 1 | 9489 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 18503,55 | 976,83 | 24 | 19862,52 |
| Студент | | 1854 | 0 | 0 | 1,3 | 2410,2 | 130,95 | 137 | 13346,43 |
| Итого $З_{осн.}$ | | | | | | | | | 33208,95 |

7.3.3 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим

законодательством. Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$З_{доп.} = k_{доп.} \cdot З_{осн.}, \text{ где:}$$

1) $k_{доп.}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$k_{доп.}$ равен 0,12. Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 11.

Таблица 11 - Затраты на дополнительную заработную плату

| Исполнители | Основная зарплата (руб.) | $k_{доп.}$ | Дополнительная зарплата (руб.) |
|--------------|-----------------------------|------------|-----------------------------------|
| Руководитель | 19862,52 | 0,12 | 2383,50 |
| Студент | 13346,43 | 0,12 | 1601,57 |
| Итого | | | 3985,07 |

7.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$З_{внеб.} = k_{внеб.} \cdot (З_{осн.} + З_{доп.})$$

где $k_{внеб.}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2018 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2018 году, пониженная ставка – 27,1%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель | Основная заработная плата, руб. | Дополнительная заработная плата, руб. |
|--|---------------------------------|---------------------------------------|
| | | |
| Руководитель проекта | 19862,52 | 2383,50 |
| Студент | 13346,43 | 1601,57 |
| Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды | 27,1% | |
| Итого | | |
| Руководитель | 5382,74 | |
| Студент | 3616,88 | |
| Итого | 8998,88 | |

7.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Расчет накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{нак.}} = \sum C_m \cdot k_{\text{нр}}, \text{ где:}$$

- 1) $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы;
- 2) C_m – затраты по статьям накладных расходов.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 10%.

$$\text{Знак} = 42740 \cdot 0,1 = 4274$$

7.3.6 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками). В данном проекте отсутствует необходимость в стороннем подрядчике.

7.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет бюджета затрат НТИ

| Наименование статьи | Сумма, руб. |
|---|--------------------|
| 1.Материальные затраты НТИ | 42740 |
| 2.Затраты на заработную плату научному руководителю | 22246,02 |
| 3.Затраты на заработную плату студенту | 14948,00 |
| 4.Затраты на отчисления во внебюджетный фонд | 8998,88 |
| 5.Накладные расходы | 4274 |
| Бюджет затрат НТИ | 93206,9 |

7.3.8 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности ресурсов

В результате исследования были определены затраты на проект по разработке алгоритма компьютерного зрения. Бюджет составляет 106 тыс. руб. Учитывая все конкурентные преимущества данного программного обеспечения, можно предположить, что продукт будет конкурентоспособным и будет иметь спрос на рынке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ